

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 611 602**

51 Int. Cl.:

**C12P 7/08** (2006.01)  
**A61L 11/00** (2006.01)  
**B03B 9/06** (2006.01)  
**B09B 3/00** (2006.01)  
**C02F 11/10** (2006.01)  
**B02C 17/00** (2006.01)  
**F16K 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.02.2009 PCT/GB2009/000276**  
87 Fecha y número de publicación internacional: **06.08.2009 WO09095693**  
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.02.2009 E 09705635 (2)**  
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2016 EP 2250275**

54 Título: **Aparato y procedimiento de tratamiento de residuos**

30 Prioridad:

**31.01.2008 GB 0801787**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.05.2017**

73 Titular/es:

**VWP WASTE PROCESSING LIMITED (100.0%)  
10 Aldersgate Street, London  
EC1A 4HJ, GB**

72 Inventor/es:

**HALL, PHILIP**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 611 602 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

## Aparato y procedimiento de tratamiento de residuos

La presente invención se refiere al reciclaje de material de residuo y más particularmente al reciclaje de residuos domésticos urbanos.

5 Hay varias maneras de tratar los residuos domésticos urbanos, también conocidos como residuos sólidos urbanos, pero los dos procedimientos más comunes son por vertedero o por incineración. Ambos procedimientos llevan asociados problemas inherentes. Cuando se utilizan los vertederos, los residuos son enterrados sin clasificar. Se ocupa un espacio valioso y el terreno queda inservible durante muchos años. Además, los efluentes tóxicos pueden filtrarse en el terreno. Adicionalmente, los lugares adecuados para vertederos resultan cada vez más difíciles de encontrar.

10 En lo que se refiere a la incineración, esta requiere normalmente que los residuos sean clasificados en residuos combustibles y no combustibles, siendo los residuos incombustibles enviados a un vertedero y los residuos combustibles quemados. Sin embargo, la quema de residuos por lo general genera emisiones de azufre y requiere chimeneas altas y antiestéticas. Además, los incineradores no son eficientes debido a que requieren altas aportaciones de energía.

15 Más recientemente, se han hecho propuestas para deshacerse de los residuos urbanos utilizando un autoclave que se carga con el material de residuo a tratar y se alimenta con vapor procedente de un acumulador de vapor. Un ejemplo de esto está descrito en el documento US-A-5.190.226 en el que se procesa material de residuo sólido a una presión de 4 bar. Aunque estas propuestas son una solución más ecológica que los dos procedimientos comunes anteriores que se han descrito, resultan ineficientes porque son procesos por lotes. Un proceso continuo ha sido desarrollado, por ejemplo, en el documento US-A-6.752.337, pero se propone un equipo especial con el fin de mantener una unidad de tratamiento con vapor a alta presión que es a la vez costoso y peligroso. Otro aparato de la técnica anterior está descrito en el documento US 5.556.445.

20 El documento WO 2006/056768 A2 desvela un ejemplo de tratamiento de residuos que comprende un autoclave. El autoclave comprende un recipiente a presión que tiene una primera parte de boca para recibir material de residuo y una segunda parte de boca para descargar material tratado. El autoclave es rotativo sobre un eje longitudinal para agitar el material de residuo durante el tratamiento y para descargar el material de residuo desde el autoclave.

25 La presente invención busca proporcionar una solución para reciclar residuos domésticos municipales que sea a la vez eficiente en cuanto a energía y respetuoso con el medio ambiente. La planta de proceso es de diseño modular y tomará residuos sin clasificar y los tratará térmicamente utilizando un proceso continuo por vapor. Preferentemente, el sistema también aborda el problema del olor generado por la planta.

30 Según la presente invención, se proporciona un aparato para el tratamiento de material de residuo sólido según se define en la reivindicación adjunta 1. Este aparato introduce ventajosamente vapor en el material de residuo para impartir la energía necesaria para permitir el proceso de descomposición, en particular de los materiales orgánicos contenidos en los residuos, de modo que los residuos sean tratados de manera eficiente.

35 Es ventajoso que el proceso de reciclaje sea un proceso continuo, que es más fácil de lograr cuando el recipiente es un recipiente alargado con la entrada por un extremo y la salida por el otro extremo. El accionamiento está dispuesto para hacer girar el recipiente y así transportar el material a lo largo del recipiente, mezclando a la vez el material de residuo para asegurar que sea tratado en su totalidad.

40 Normalmente, las entradas de vapor se proporcionan mediante tuberías de vapor. Las entradas de vapor están fijadas con respecto al interior del recipiente. Las entradas de vapor están dispuestas para inyectar vapor a una temperatura de 150 °C a 200 °C, y así proporcionar una gran cantidad de energía cinética y térmica directamente en el material de residuo.

45 Se proporcionan medios de calentamiento para calentar y/o mantener el interior a una temperatura de 150 °C a 200 °C, ya que esta es una manera sencilla de llevar el material de residuo a una temperatura a la que se logre el proceso de descomposición dentro de un periodo de tiempo razonable. Los medios de calentamiento se componen de medios para calentar aire y medios para insuflar dicho aire caliente en el recipiente no presurizado.

50 Como se describe en el presente documento, se proporcionan medios de calentamiento en forma de una camisa calentada por vapor. Esta es una técnica particularmente ventajosa ya que es muy fácil hacer controlable el calentamiento, evitar puntos calientes en el recipiente y conseguir eficiencia de combustible. En este caso, el recipiente puede estar dividido en una serie de secciones. La entrada de calor a cada sección puede ser regulable, por ejemplo, para que el material de cada zona pueda ser llevado o mantenido a una temperatura deseada. Por ejemplo, se requerirá mayor entrada de calor cerca de la entrada de residuos, ya que es necesario llevar los residuos relativamente fríos hasta la temperatura de proceso lo más rápido posible. La zona más próxima a la salida puede ser controlada para secar parcialmente el material de residuo.

El procedimiento tiene la ventaja de no necesitar presión. Esto ofrece grandes ahorros de costos y aumenta la seguridad en comparación con los sistemas a presión.

5 El material de residuo tratado comprende preferentemente una biomasa que contiene material de celulosa y que contiene menos de 1 % de azufre. La biomasa es útil en un gran número de formas, proporcionando beneficios clave del presente sistema. Normalmente, se proporciona una cámara de clasificación en la que el material de residuo tratado se separa en plásticos, metales ferrosos, metales no ferrosos y biomasa de material de celulosa. A continuación se trasfiere la biomasa a un motor hiperbárico o una pila de combustible o a una unidad de conversión para convertir la biomasa en biodiesel, un alcohol orgánico tal como bioetanol o biobutanol, o un combustible de aviación. El biocombustible puede ser utilizado para alimentar uno o varios generadores para producir energía eléctrica o puede ser utilizado para alimentar otros motores (por ejemplo, motores aeronáuticos) u otros generadores.

10 Como se describe en el presente documento, se proporciona una válvula de distribución, para dirigir el vapor procedente de un generador de vapor o una caldera hasta una entrada de vapor, que comprende un cuerpo de válvula que tiene una abertura de entrada que se puede conectar fluidamente al generador de vapor y una pluralidad de aberturas de salida que se pueden conectar fluidamente a la entrada de vapor, cuya válvula está dispuesta de manera que en cualquier momento al menos una de las aberturas de salida esté desconectada fluidamente de la abertura de entrada. Este componente permite que el vapor se dirija a la tubería de vapor del canal deseado de una manera sencilla y robusta. Normalmente, la abertura de entrada está dispuesta para ser conectada fluidamente a una sola abertura de salida a la vez, ya que normalmente solo habrá a la vez una tubería de vapor dentro del material de residuo. Por supuesto, esto puede variar dependiendo de la instalación.

15 La válvula de distribución puede tener la abertura de entrada en conexión fluidica con un extremo de un elemento tubular de válvula alojado en un cuerpo de válvula en el que las aberturas de salida están espaciadas alrededor de la circunferencia del cuerpo de válvula para que sean individualmente conectadas fluidamente al elemento de válvula por la rotación del mismo en el cuerpo de válvula. De este modo la válvula de distribución proporciona una manera elegante de poner en práctica los medios de control de vapor de acuerdo con la primera realización de la invención.

20 La válvula de distribución descrita en el presente documento puede tener preferentemente la abertura de entrada en un colector de entrada con una conexión fluidica que se extiende en una dirección axial a través de una cámara de válvula rotativa hasta el cuerpo de válvula. Preferentemente, la cámara de válvula rotativa tiene una alimentación de vapor para suministrar vapor a una camisa de calentamiento y un retorno de condensado para recibir el condensado desde la camisa de calentamiento, y la alimentación de vapor está conectada fluidamente a una línea de vapor en el colector de entrada y el retorno de condensado está conectado fluidamente a una línea de retorno en el colector de entrada. Esto proporciona una forma sencilla de conectar el suministro de vapor a la camisa de calentamiento con la cámara de válvula rotativa que gira con el recipiente mientras que el resto de la válvula se mantiene estacionario.

25 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para tratar material de residuo según se define en la adjunta reivindicación 3. De este modo se descompone el material de residuo en muchos productos útiles de una manera comercialmente eficiente y ambientalmente correcta. El procedimiento es un procedimiento continuo. El material de residuo puede ser introducido por la entrada del recipiente y el material de residuo tratado puede ser extraído por la salida del recipiente.

30 El procedimiento se lleva a cabo utilizando el aparato de la invención. El material de residuo tratado comprenderá ventajosamente una biomasa de celulosa, plásticos, metales ferrosos y metales no ferrosos. La biomasa formada por el procedimiento es particularmente ventajosa, ya que es adecuada para ser tratada adicionalmente para formar: biodiesel, combustible para una pila de combustible, bioalcohol, por ejemplo bioetanol, un combustible fósil sustituto, o un combustible de aviación, posiblemente mezclado con bioalcohol.

35 Para que se entienda más fácilmente la presente invención, se describirán realizaciones de la misma a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La Fig. 1 muestra una representación esquemática de la planta de proceso de acuerdo con la presente invención;

La Fig. 2 es un diagrama de flujo del proceso básico utilizado por la presente invención;

50 La Fig. 3 es un diagrama esquemático de una primera unidad de tratamiento por vapor utilizada en la presente invención;

La Fig. 4 es un diagrama esquemático que representa la producción de etanol a partir del sistema de acuerdo con la presente invención;

55 La Fig. 5 es un diagrama esquemático que representa la producción de biodiesel a partir del sistema de acuerdo con la presente invención;

La Fig. 6 es un diagrama de una válvula de distribución como la descrita en el presente documento;

La Fig. 7 es un diagrama esquemático de una unidad de tratamiento por vapor utilizada en la presente invención;

y

La Fig. 8 muestra una segunda válvula de distribución, como la descrita en el presente documento, en unas

vistas en planta (Fig. 8A) y en perspectiva (Fig. 8B).

Refiriéndose a la Figura 1, se muestra esquemáticamente la planta de proceso preferida de acuerdo con la presente invención. Los vehículos de la basura traen residuos domésticos urbanos a un sitio A de transferencia en donde los residuos en bruto, sin clasificar, son introducidos continuamente, a través de una unidad B de trituración mecánica, en una unidad C de tratamiento por vapor. En la Figura 1 hay dos unidades de tratamiento por vapor que funcionan en paralelo, cada una con su propia tolva para almacenar los residuos triturados antes de introducirlos en la unidad. Por el término "en bruto" se quiere indicar que no se añade a los residuos ninguna materia adicional, tal como productos químicos y/o agua, antes de introducirlos en la(s) unidad(es) de tratamiento por vapor.

La unidad C de tratamiento por vapor es operada de tal manera que los residuos se tratan durante aproximadamente 45 a 60 minutos y a continuación, en una etapa E de separación, se separan los residuos tratados en diferentes categorías, como biomasa o celulosa cruda, plásticos, metales ferrosos, metales no ferrosos, textiles y otros residuos y materiales. Las técnicas y variaciones para separar la salida mezclada de la unidad C de tratamiento por vapor son bien conocidas para los expertos en la técnica. Utilizando estas técnicas, menos del 10 % en volumen de los residuos iniciales es enviado realmente al vertedero y los otros residuos clasificados pueden ser reciclados. Hay una reducción de hasta el 60 % en el volumen de residuos. La biomasa cruda y los plásticos reciben un tratamiento adicional indicado por las unidades G y H y/o pueden ser almacenados, secados y luego enviados a una unidad convertidora de gas (un gasificador - no representado), o tratados para introducirlos en una pila de combustible (no representada) que puede ser utilizada para generar electricidad. También se puede tratar la biomasa para formar combustible para un motor hiperbárico (no representado) o enviarla a N para utilizarla en la producción de biocombustible, por ejemplo, bioetanol, biobutanol o biodiesel, según se describe con mayor detalle a continuación. El biocombustible se puede utilizar como combustible de un generador eléctrico, si se desea. Si todo el combustible producido a pleno funcionamiento por una planta como la representada en la Figura 1 se utilizara de este último modo, los generadores producirían entre 6 MW y 20 MW de electricidad. Las Figs. 4 y 5 muestran un tratamiento alternativo del material de celulosa o parte del mismo. Los otros materiales se almacenan en F según se indica. El material plástico clasificado procedente de la unidad P puede ser dirigido a una unidad J de recuperación de plástico.

Por su propia naturaleza, el material de residuo producirá olores desagradables tanto a la entrada como a la salida de la unidad C de tratamiento por vapor. Por esta razón, se propone extraer el aire de la unidad de tratamiento por vapor y tratarlo con un proceso de eliminación de olores, según se indica por D en la Figura 1, tal como el descrito en la solicitud internacional No. PCT/GB2006/000888, en la que el aire es tratado por ozono generado mediante luz ultravioleta. Una característica de esta técnica es que si se genera suficiente ozono y se mantiene en contacto con el aire a tratar durante un período de tiempo suficiente, se logran reducciones sustanciales de olor. Esto requiere, sin embargo, proporcionar luz ultravioleta adicional a una longitud de onda diferente de la utilizada para crear el ozono con el fin de asegurar que ningún ozono activo esté presente en el aire descargado a la atmósfera por el proceso. La unidad C de tratamiento por vapor no está sellada para la contención de presión, pero normalmente se utilizarán pantallas o cortinas para que los gases y el vapor puedan salir de la unidad C de tratamiento por vapor a través de los caminos deseados.

Con referencia a la Fig. 2, el vapor es generado en una disposición de caldera 10 que proporciona vapor a una presión elevada, normalmente entre 12 y 15 bar, y en la realización ilustrada 14 bar, y a una temperatura preferida de entre 190 °C y 200 °C, que es introducido en una sección 12 de tratamiento por vapor que puede incluir una o más unidades individuales que operan en paralelo. Los residuos procedentes de la zona de recepción y alimentación representada por el bloque B son introducidos en la planta de tratamiento por vapor a la temperatura y la presión que se indican a continuación. Los residuos tratados son después transportados a un clasificador E.

Además, cualquier vapor que se escape de la unidad de tratamiento por vapor es capturado por un sistema de conductos 16 y enviado a una unidad 17 de tratamiento de olores donde es tratado según se ha descrito anteriormente antes de ser venteadado a la atmósfera.

Con referencia ahora a la Fig. 3, se muestra con más detalle una forma de la unidad C de tratamiento por vapor de la planta. Comprende un recipiente alargado 30 que está provisto de una disposición de cinta transportadora 31 para desplazar el material de residuo desde una entrada 32 hasta una salida 33. La entrada 32 está representada en la Fig. 3 como un dispositivo de tipo tolva, aunque también podría usarse una cinta transportadora vibratoria como se muestra en la Fig. 7, u otro dispositivo.

La disposición preferida del recipiente 30 es convertirlo en un transportador de tipo tambor rotativo cuya superficie interna está equipada con uno o más álabes helicoidales continuos. El tiempo durante el cual se trata el material de residuo es, por supuesto, función de la velocidad rotacional del transportador y de la longitud del transportador y estas se ajustan de manera que los residuos sean tratados durante aproximadamente 45 a 60 minutos.

El interior del recipiente se mantiene a una temperatura de entre 150 °C y 200 °C, de preferencia con una temperatura inferior de 160 °C e, independientemente, una temperatura superior de 180 °C. A temperaturas inferiores a 150 °C la velocidad de conversión para la descomposición del material de residuo es muy lenta y sería necesario mantener los residuos en el recipiente 30 durante un período de tiempo que sería comercialmente

inaceptable. A la temperatura de 200 °C, los materiales plásticos de los residuos probablemente empezarían a descomponerse, por ejemplo por pirólisis, lo que genera gases tóxicos y otros compuestos tóxicos que complicarían en gran medida el tratamiento y por eso es importante evitar o minimizar la generación de tal material tóxico.

5 Los residuos se tratan mediante el uso de vapor inyectado en el recipiente 30 por medio de unos tubos 35. El vapor inyectado está preferentemente a 150 °C - 180 °C, pero puede estar a una temperatura de hasta 200 °C. El vapor se inyecta en el material de residuo de la cámara 30 a una presión comprendida entre 5 y 12 bar, de preferencia 10 bar. El vapor se dirige únicamente al interior del material de residuo. A las presiones y temperaturas utilizadas en el proceso, el vapor proporciona una cantidad de energía cinética relativamente alta que se transfiere eficientemente al material de residuo cuando el vapor es inyectado en su interior. El vapor inyectado descompone por lo tanto  
10 eficientemente los materiales de residuo. En particular, el vapor inyectado procesa eficientemente el material orgánico de los residuos de modo que se convierta en una biomasa de material de celulosa que contiene poco o nada de azufre.

Además de la entrada y salida 32, 33, la cámara 30 o tambor puede disponer de una tolva inferior para la recogida y extracción de cualquier material del fondo resultante del tratamiento por vapor. Además, puede proporcionarse un  
15 venteo de gas para la eliminación de los gases resultantes del proceso. Estos gases se pueden limpiar y separar para poder utilizar hidrocarburos útiles en otras partes de la planta y/o extraer de los mismos cualquier energía calorífica y reintroducirla en el proceso.

Cuando la planta de procesamiento general se utiliza para los residuos generales, puede ser necesario pre-proceso de los residuos para que sea más uniforme en tamaño por medio de un proceso de trituración antes de la  
20 alimentación a la entrada de la unidad. Esto asegurará que no haya obstrucciones en la entrada de la unidad de tratamiento y proporcionar un producto más consistente. Sin embargo, para la invención, solo es necesario que el material esté en piezas, es decir, forma de partículas.

Se describirá ahora con más detalle la construcción de una unidad C de tratamiento por vapor (Fig. 1) con referencia a la Figura 3. La unidad C de tratamiento por vapor comprende un tambor giratorio 30 montado horizontalmente sobre unos rodillos 35 y dispuesto para ser accionado por una cadena (no mostrada) arrastrada por un motor 34. El tambor 30 tiene un área de sección transversal uniforme en toda su longitud y está provisto en su superficie interna de un número de álabes espaciados. Los álabes se pueden formar a partir de un solo elemento de tornillo helicoidal continuo o de una serie de álabes parcialmente helicoidales que se extiendan en una configuración helicoidal sustancialmente a lo largo de la longitud del tambor 31. Si es necesario, pueden proporcionarse unos álabes  
25 dispuestos axialmente entre las vueltas de las secciones helicoidales con el fin de promover la elevación y el volteo del material cuando está cargado en el recipiente.

El vapor es introducido en el recipiente 30 por una pluralidad de tubos 38 que se extienden a lo largo de la longitud del recipiente, en este caso estos están dispuestos sobre las superficies internas del recipiente 30 y tienen unas aberturas centralizadas en cada centro del paso. Un extremo de cada tubo 38 está cerrado y el otro extremo está  
35 unido a la válvula de distribución 36. La válvula de distribución 36 está situada en el eje central del recipiente. La válvula 36 está conectada fluidamente a una tubería de suministro procedente de una fuente de vapor. La válvula de distribución 36 está representada con detalle en la Fig. 6. La válvula de distribución 36 comprende una entrada 52 de la válvula, situada en la carcasa 50 de la válvula, a través de la cual entra el vapor desde la caldera 10 de vapor. La carcasa 50 de la válvula también tiene 3 salidas 54 de la válvula, cada una conectada a una respectiva tubería 38 de vapor. La válvula de distribución 36 puede simplemente conectar fluidamente el suministro de vapor a cada una de las tuberías 38 de vapor. Sin embargo, se prefiere que la válvula 36 suministre vapor a cada tubo 38 de vapor por turno a medida que el recipiente 30 gira. Como se explica con más detalle a continuación, el recipiente 30 es alimentado con residuos a una velocidad predeterminada de modo que los residuos solo llenen el recipiente hasta un nivel conocido. Este nivel separa el recipiente 30 en dos zonas, la primera zona principalmente llena de material de residuo, la segunda zona casi totalmente vacía de residuos. Cada tubo 38 de vapor está fijado al recipiente 30 y por lo tanto se mueve entre las dos zonas cuando gira el recipiente 30. La válvula 36 tiene unas bocas internas dentro de la carcasa 50 conectadas fluida e individualmente a cada una de las salidas 54 de vapor de modo que solo el tubo o tubos 38 de vapor de la primera zona estén conectados al suministro de vapor en un momento dado. De esta manera el vapor solo se inyecta en el material de residuo.

50 El extremo del recipiente se encuentra dentro de una cubierta que sirve para contener el vapor dentro del recipiente y también sirve como salida para los residuos tratados.

Cuando el recipiente 30 gira, en funcionamiento, a 1-2 rpm, el vapor es inyectado en el material cuando este cubre uno de los tubos 38 como se describe con más detalle anteriormente.

El interior del recipiente 30 se calentará de 150 °C a 200 °C, preferentemente un a valor inferior de 160 °C e independientemente a un valor superior de 180 °C por un medio de calentamiento. El calentamiento se lleva a cabo insuflando aire caliente en la cámara.  
55

La Fig. 7 muestra una versión preferida de la unidad C de tratamiento por vapor de la planta. La unidad C de tratamiento por vapor es generalmente similar a la unidad C de tratamiento por vapor que se muestra en la Fig. 3 y

se utilizan los mismos números de referencia para designar las partes de la unidad que sean iguales.

Los residuos son introducidos en el recipiente 130 sobre un transportador vibratorio 132. El transportador vibra con el fin de evitar que el material de residuo se aglomere. El transportador vibrante es alimentado con material de residuo por un transportador 133 estándar. El material de residuo es transferido a la salida 33 por el medio transportador 31 del recipiente 130. El interior del recipiente 130 es igual al interior del recipiente 30 con álabes proporcionados para transferir el material de residuo según gira el recipiente.

La principal diferencia entre el recipiente 30 y el recipiente 130 es que no se introduce vapor en el recipiente 130 para calentar la cámara y el material de residuo hasta la temperatura de tratamiento, aunque sigue utilizándose el vapor para tratar el material de residuo a través de las tuberías 38. La cámara y el material de residuo se calientan ahora por medio de una camisa calentada 140 que rodea todo el recipiente 130 y que se explica con más detalle a continuación.

El recipiente 130 tiene una camisa de calentamiento 140 que encierra el recipiente 130. La camisa de calentamiento 140 comprende una red de tuberías de vapor que son alimentadas con vapor desde la válvula 136. Con el fin de calentar rápidamente el recipiente 130 y el material de residuo a la deseada temperatura de tratamiento de 150 °C a 200 °C, la camisa de calentamiento está dividida en cuatro secciones 140a-d, que se extienden desde la sección de entrada 140a a través de la primera sección de tratamiento 140b y la segunda sección de tratamiento 140c hasta la sección de salida 140d. La mayor demanda de calor está en la sección de entrada 140a, en la que el material de residuo debe ser llevado desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de tratamiento en el menor tiempo que sea prácticamente posible y normalmente se requiere un 40-60 % de la energía en la sección de entrada 140a. A medida que los residuos atraviesan el recipiente 130, los residuos retienen más energía calorífica y por lo tanto se requiere menos energía para mantener el material de residuo a una temperatura de tratamiento adecuada. Por ejemplo, en las secciones de tratamiento 140b, 140c se requiere alrededor de 55-30 % de la energía. En la sección final de salida 140d, el material de residuo también se seca parcialmente hasta un contenido de humedad típico de 20 a 40 %.

Se suministra calor a la camisa de calentamiento en forma de vapor desde la misma caldera de vapor utilizada para suministrar el vapor inyectado en el material de residuo. Una forma eficiente para conectar fluidamente la camisa de calentamiento 140 a la caldera es utilizar un diseño revisado de la válvula de distribución 136, según se muestra en la Figura 8. La válvula de distribución 136 que se muestra en la Figura 8 es generalmente similar a la válvula de distribución 36 que se muestra en la Fig. 6 y se utilizan los mismos números de referencia para designar las partes de la unidad que sean las mismas.

La válvula de distribución 136 comprende una entrada 152 de vapor situada en un colector de entrada 158. Una conexión fluida se extiende por el interior de una cámara 156 de la válvula hasta la carcasa 50 de la válvula. La cámara 156 de la válvula puede girar sobre el eje central del recipiente 130, pero el colector de entrada 158 y la carcasa 50 de la válvula son estacionarios. La cámara 156 de la válvula tiene una alimentación 160 de vapor que alimenta el vapor a la camisa de calentamiento 140 y un retorno 162 de condensado que devuelve el condensado de la camisa de calentamiento 140. La rotación del recipiente 130 está acoplada a la cámara 156 de la válvula a través de la alimentación 160 de vapor y del retorno 162 de condensado. El colector de entrada 158 también incluye una línea 164 de vapor conectada fluidamente a la alimentación 160 de vapor y una línea 166 de retorno conectada fluidamente al retorno 162 de condensado. Internamente, la cámara de la válvula está dividida en un primer espacio anular, que conecta la alimentación 160 de vapor a la línea 164 de vapor a través de un espacio anular en el colector de entrada 156, y un segundo espacio anular que conecta la línea 166 de retorno al retorno 162 de condensado a través de otro espacio anular en el colector de entrada 152. Todos los espacios anulares rodean la conexión fluida entre el vapor de entrada 152 y la carcasa 50 de la válvula. El primer y segundo espacios anulares están fluidamente separados uno del otro. Por supuesto, la precisa configuración interna de la válvula se puede variar.

Para asegurar una eliminación eficiente de condensado, cada sección 140a-d incorporará al menos un purgador de vapor. El purgador de vapor está diseñado para evitar la inclusión de vapor vivo en el condensado que se devuelve a la caldera. El purgador de vapor está conectado a su vez a un depósito de condensado. Este comprenderá normalmente una tubería de gran diámetro que está situada alrededor de la circunferencia del tambor. El condensado drena al depósito por varios puntos alrededor de la circunferencia, y el condensado gira con el tambor hasta que pueda ser drenado al sistema de tuberías de extracción cuando el orificio de salida alcanza la parte inferior del ciclo de rotación.

El proceso básico se muestra en la Fig. 2. El proceso crea un gran volumen de biomasa que comprende principalmente material de celulosa. Ventajosamente, es posible utilizar la biomasa como combustible para la propia planta de proceso o como un producto separado tal como bioetanol, biobutanol u otro producto derivado, según se describe con más detalle a continuación. La fibra de celulosa contenida en la biomasa que sale de la unidad de tratamiento por vapor tiene un valor calorífico bruto de 11 MJ/kg, que proporciona tres kW de energía. Si se seca, el valor calorífico bruto del material de celulosa aumenta hasta 17 a 18 MJ/kg. Esta biomasa prácticamente no contiene azufre y, por lo tanto, cuando se quema, es mucho más limpia que el combustible fósil y por lo tanto se utiliza como sustituto del combustible fósil.

La fibra de celulosa podría ser vendida como materia prima o podría ser enviada a un gasificador de biomasa que produzca combustible gaseoso a partir de esta biomasa de celulosa, según se describe con más detalle a continuación. Este combustible gaseoso podría entonces ser tratado adicionalmente con el fin de proporcionar el hidrógeno de entrada a una pila de combustible para producir una salida eléctrica de corriente continua.

5 Alternativamente, el material de celulosa podría ser tratado adicionalmente como se muestra en las Figs. 4 y 5 para producir bioetanol, biobutanol, biodiesel y combustible de aviación antes de tratar cualquier resto sólido según se ha descrito anteriormente.

10 Pasando ahora a las Figs. 4 y 5, estas muestran cómo la biomasa y/o los plásticos producidos a partir de la salida del tratamiento por vapor pueden ser manipulados para producir bioetanol/diesel, representados generalmente en la Figura 1 como unidades N y J respectivamente.

Ocupándose en primer lugar del material de celulosa y según se indica en la Fig. 4, la biomasa procedente de la unidad de tratamiento por vapor de la Fig. 1 ha sido tratada para desinfectar el material deteniendo sustancialmente los procesos anaeróbicos indeseables y para hacerlo más proclive a la hidrólisis, según se muestra generalmente en la etapa 1 de la Fig. 4. En la etapa 2 mostrada en la Figura 4, la biomasa es almacenada en el silo 50a de biomasa durante aproximadamente 8 horas. La biomasa se introduce entonces en el recipiente 51a de tratamiento ácido y después se trata con ácido sulfúrico, procedente del tanque 50b de ácido, para someterla a hidrólisis ácida durante aproximadamente 8 horas. El agua es proporcionada desde un depósito 50c de agua. Entonces se filtra el producto y se eliminan los sólidos (lignina) que pueden ser utilizados como combustible para la caldera de la planta de tratamiento por vapor. Se añade cal procedente de la tolva 50d de almacenamiento de cal para neutralizar el producto líquido en el recipiente 51b de neutralización por eliminación del ácido y se purifica y filtra adicionalmente.

15 La hidrólisis se usa para descomponer la biomasa sólida en celulosa y hemicelulosa, ya que estos son los azúcares principales contenidos en la biomasa. El proceso también elimina ventajosamente los metales pesados. Como se mencionó anteriormente, la hidrólisis ácida también sirve para suministrar combustible a la caldera en forma de lignina que constituye los residuos no hidrolizables principales.

25 En una etapa alternativa 1, no representada, en lugar de ser sometida a hidrólisis ácida, la biomasa es cargada en un tanque en el que se descompone añadiendo una enzima tal como la enzima aspergillum o usando microorganismos celololíticos y un nutriente. Se puede añadir agua adicional. En esta etapa también se puede inyectar en el tanque ozono activo procedente de un generador. Se deja que la masa resultante repose durante un período de tiempo y luego se extrae el líquido que contendrá azúcares solubles.

30 En cualquier caso, se introduce entonces el líquido en unos recipientes 52 de fermentación en los cuales se lleva a cabo la fermentación añadiendo al líquido levadura adicional procedente de un silo 53 de levadura. La levadura será normalmente *saccharomyces cerevisiae*, que puede ser reciclada según se muestra. La fermentación tardará normalmente alrededor de 72 horas. El resultado es un líquido que contiene etanol y otros productos, y luego este líquido se lleva a la etapa 4 que comprende una columna de destilación 54 para destilar y recoger el etanol en el tanque 55 de almacenamiento de etanol. La destilación tomará la mezcla fermentada que comprenderá una solución de etanol al 12 a 14 % y concentrará la mezcla hasta aproximadamente 99 % o más de etanol. Esto se consigue en dos etapas, siendo la primera una destilación convencional que producirá una solución de etanol aproximadamente al 94 % y el resto agua, que será eliminada por un tamiz molecular.

40 El proceso ilustrado en la Figura 4 estará frecuentemente provisto de una serie de unidades paralelas para que el proceso pueda ejecutarse de forma continua.

El etanol u otro biocombustible producidos por el procedimiento y el aparato de la presente invención se pueden usar en forma normal si se desea. Ventajosamente, el combustible se puede utilizar para alimentar directamente, según se muestra en la Figura 2, generadores situados en el emplazamiento para evitar cualquier desperdicio implicado en el transporte o similares. Los generadores representados comprenderán normalmente varios motores de 1,5 a 3 MW, tal como los producidos por los grandes fabricantes de motores como Cummins, Perkin, Caterpillar y General Electric. Estos pueden ser fácilmente modificados para funcionar con biocombustibles. Una planta a pleno rendimiento como la representada en la Figura 1 debería producir suficiente combustible para generar alrededor de 6 MW a 15 MW de electricidad. La producción y el generador pueden variar dependiendo de la instalación particular.

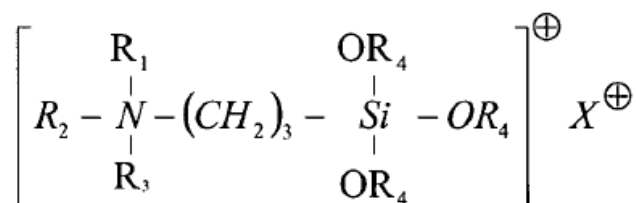
50 Pasando ahora al material plástico recuperado del tratamiento por vapor, según se muestra en la Fig. 5, este se introduce en un tanque 60 donde se añade un disolvente y se deja reposar la mezcla resultante en un tanque de evaporación 61. Tras un periodo adecuado de tiempo, se extrae el vapor resultante a través de un catalizador 62 de zeolita y luego se destila en una torre de destilación 63 para recoger diesel. Si se desea, también se puede inyectar ozono en el tanque 60.

55 El ozono inyectado en los tanques 51 y 60 se puede generar de la misma manera utilizada para la eliminación de olores del aire en las proximidades de la unidad de tratamiento por vapor y del generador. El ozono puede ser suministrado desde un generador o generadores independientes. Además, si es necesario, el aire en el entorno del proceso de etanol puede ser sometido a tratamiento de ozono para eliminar cualquier exceso de ozono activo que quede en los tanques 51 y 60.

La presente invención se ocupa de los residuos sólidos urbanos y otros materiales orgánicos que requieran reciclado y recuperación. Estos materiales tienen un alto contenido de biomasa y son propensos a una contaminación, por microorganismos presentes en el entorno natural, que puede resultar en reacciones de fermentación y degradación indeseables. Es importante controlar estos organismos para minimizar la contaminación de la materia prima que entra en las etapas posteriores de conversión de biomasa, en especial aquellas que dependen de la fermentación.

También es preferible recubrir el interior de algunos o todos los tanques 51, 52, 60, 61 con un agente antimicrobiano. De preferencia, el agente será no lixiviable y no volátil, y no será consumido por los microorganismos. Son agentes particularmente adecuados aquellos que puedan ser revestidos sobre una superficie.

Son formulaciones antimicrobianas adecuadas aquellas que incluyan como ingrediente activo una sal de amonio cuaternaria, preferentemente un cloruro o bromuro de sal. El átomo de nitrógeno de la sal es preferentemente sustituido por un grupo silano, preferentemente un grupo trialquiloxilano, más preferentemente un grupo trimetiloxilano. Más preferentemente, el grupo silano se une al átomo de nitrógeno de la sal a través de un grupo propilo. El átomo de nitrógeno de la sal también es preferentemente sustituido por otros tres grupos alquilo, al menos uno de los cuales es preferentemente metilo, y al menos uno de los cuales es preferentemente alquilo C<sub>8</sub> a C<sub>20</sub>. Por lo tanto, los compuestos preferidos tienen la siguiente estructura general:



Donde: R<sub>1</sub> es metilo;

R<sub>2</sub> es metilo o alquilo C<sub>8</sub> a C<sub>20</sub>, preferentemente metilo;

R<sub>3</sub> es alquilo C<sub>8</sub> a C<sub>20</sub>, preferentemente tetradecilo u octadecilo;

R<sub>4</sub> es alquilo C<sub>1</sub> - C<sub>4</sub>, preferentemente metilo; y

X es bromo o cloro, preferentemente cloro.

Un ejemplo de un agente antimicrobiano útil incorpora cloruro de 3-(trimetoxisilil)-propildimetiloctadecil amonio como ingrediente activo. Otro ejemplo de un agente antimicrobiano útil incorpora cloruro de 3-(trimetoxisilil)-propildimetiloctadecil amonio como ingrediente activo.

La presente invención tiene preferentemente introducida la función microbicida como parte de una película polimérica aplicada a las superficies internas del equipo. La película polimérica se genera in situ utilizando un precursor organosilano que se dispersa usando una mezcla exclusiva de agentes humectantes poliméricos y que puede volver a aplicarse o reponerse sin tener que desmontar la maquinaria. Experimentos y mediciones han demostrado que este tipo de películas microbicidas aplicadas son robustas, duraderas y ofrecen un amplio conjunto de efectos antimicrobianos temporales. En parte, la película polimérica destruye los microbios por la estructura superficial del recubrimiento.

#### Conversiones de biomasa

La biomasa producida en este proceso tiene diversos usos según se ha descrito anteriormente. La biomasa producida en la cámara de reacción C (Fig. 1) ha sido ventajosamente desinfectada y reducida en volumen. Es importante destacar que el tratamiento por vapor ha descompuesto la estructura de los materiales orgánicos, de modo que la celulosa y otros constituyentes quedan abiertos y más fácilmente disponibles para el posterior tratamiento. La biomasa es esencialmente una fuente de celulosa que ha sido tratada de manera que la celulosa esté fácilmente disponible para un tratamiento adicional, tal como para formar biocombustible, bioalcoholes o similares.

#### Fermentación de biomasa en alcohol combustible

La producción de alcoholes por fermentación de una biomasa es uno de los procedimientos biotecnológicos más antiguos. También el uso como fuente de energía del etanol recuperado por fermentación es conocido desde hace tiempo, pero no se ha utilizado comercialmente debido a que en el pasado los costes eran elevados en comparación con la recuperación de petróleo. El posible uso de bioetanol tiene nueva importancia como fuente de energía a medida que el suministro de petróleo es cada vez más escaso y su coste aumenta.

El desarrollo de biocombustibles renovables es una prioridad internacional motivada por las preocupaciones tanto económicas como ambientales, incluyendo la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, la mejora del suministro de combustible doméstico y el mantenimiento de la economía rural. El uso de microbios para producir materiales biocombustibles es una forma particularmente atractiva para producir los biocombustibles,



particularmente cuando los microbios lo hacen utilizando los productos de residuos generados por otros procesos.

#### Gasificación de biomasa

5 El gas de síntesis ("sintegas") fue desarrollado por primera vez como un importante subproducto de la gasificación de carbón y de materiales carbonosos tales como cosechas y residuos agrícolas. En contraste con la combustión, que produce principalmente dióxido de carbono y agua, la gasificación se lleva a cabo bajo una alta relación entre combustible y oxígeno y produce esencialmente gas hidrógeno (H<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO). Por lo tanto, el sintegas se compone esencialmente de H<sub>2</sub> y CO, junto con pequeñas cantidades de CO<sub>2</sub> y otros gases. El sintegas se puede utilizar directamente como combustible de baja calidad o como alimentación para pilas de combustible. Alternativamente, se puede utilizar en procesos catalíticos para generar una amplia variedad de productos químicos útiles, como metano, metanol y formaldehído. La biomasa de la presente invención es eminentemente adecuada como alimentación para formar sintegas.

15 Los microorganismos anaerobios tales como las bacterias acetogénicas ofrecen una ruta viable para convertir el sintegas en productos útiles, en particular biocombustibles líquidos como bioetanol y biodiesel. Tales bacterias catalizan la conversión del sintegas con mayor especificidad, mayores rendimientos y menores costos de energía que los permitidos por el uso de procesos químicos. Se han identificado varios microorganismos capaces de producir biocombustibles a partir de gases residuales y otros sustratos.

20 Por ejemplo, se han descrito tres cepas de acetógenos para su uso en la producción de combustibles líquidos a partir de sintegas: *Butyribacterium methylotrophicum*; (Grethlein y otros, 1990; Jain y otros, 1994b); *Clostridium autoethanogenum* (Abrini y otros, 1994); *Clostridium ljungdahlii* (Arora y otros, 1995; Barik y otros, 1988; Barik y otros, 1990; y Tanner y otros, 1993). El *Clostridium ljungdahlii* y el *Clostridium autoethanogenum* son conocidos para convertir monóxido de carbono en etanol. La solicitud de patente estadounidense N° 2007/275447 describe el *Clostridium carboxidivorans*, ATCC BAA-624, "P7" capaz de sintetizar, a partir de gases residuales, productos útiles como biocombustibles, en particular, el P7 puede convertir el monóxido de carbono en etanol.

#### Hidrólisis ácida de biomasa para la producción de alcohol

25 La biomasa contiene normalmente dos componentes básicos, carbohidratos y lignina. El contenido en carbohidratos de la biomasa consiste en celulosa y hemicelulosa, ambos polisacáridos. Tanto la celulosa como la hemicelulosa se pueden convertir en azúcares simples, en particular azúcares de hexosa (incluyendo glucosa, fructosa, manosa y galactosa) y de pentosa (incluyendo xilosa y arabinosa). Los azúcares de hexosa son convencionalmente fermentados para formar etanol, y los azúcares de pentosa son actualmente fermentables utilizando una variedad de cepas de microorganismos disponibles en el mercado, incluyendo (pero sin limitación) la levadura *Pachysolen tannophilus* NRRL Y-2460, la levadura *Candida tropicalis* ATCC 1369, las cepas del hongo *Fursarium* desarrolladas por el Argonne National Laboratory, y el *Bacillus Macerans* desarrollado por The University of California en Berkeley y el Lawrence Berkley Laboratory. El etanol, butanol, 2,3-butanodiol son alcoholes de producción normal. Todos son alcoholes prácticos y versátiles para usos de transporte, ya que pueden mezclarse en altos porcentajes con la gasolina sin modificaciones significativas del motor, y tienen relativamente pocos efectos corrosivos sobre los sistemas de combustible de los vehículos.

35 Los alcoholes combustibles pueden ser producidos a partir de una biomasa que contenga hidratos de carbono y lignina, con una producción neta de energía. Es decir, el alcohol puede ser producido a partir de biomasa sin la adición de energía de cualquier fuente externa, ya que la propia biomasa introducida proporciona tanto la materia prima para el etanol como la energía para todos los pasos del proceso. De hecho, dependiendo de los pasos y los parámetros de funcionamiento particulares, puede producirse más energía de la necesaria para todos los pasos del proceso, y puede ser vendida ya sea en forma de vapor o electricidad.

40 Por lo tanto, puede producirse alcohol a partir de una biomasa que contenga hidratos de carbono y lignina desmenuzando y poniendo en suspensión la biomasa y después sometiendo continuamente la biomasa a hidrólisis ácida. La hidrólisis ácida se realiza en unas condiciones de temperatura, concentración de ácido y tiempo de residencia suficientes para efectuar la hidrólisis de la hemicelulosa de la biomasa, para que se separen de la misma los azúcares de pentosa y hexosa formando un hidrolizado que tiene insuficiente furfural para inhibir sustancialmente el crecimiento de microorganismos de fermentación, pero que no hidroliza sustancialmente la celulosa de la biomasa. A continuación se efectúa la fermentación de los azúcares de pentosa y hexosa en el hidrolizado, tal como exponiéndolos, en condiciones ambientales adecuadas, a la levadura *Pachysolen Tannophilus* NRRL Y-2460, cepas de hongo *Fursarium*, y *Bacillus Macerans*, o similares, y luego se produce alcohol a partir de los azúcares de pentosa y hexosa fermentados a través de un tratamiento normal (por ejemplo, destilación).

50 En algunas circunstancias, puede ser deseable dirigir la hidrólisis hacia la descomposición de la hemicelulosa, sin preocuparse de la descomposición de la celulosa, con el fin de minimizar la producción de furfural. Esto puede tener la ventaja de que el consumo de energía por el proceso se reduce al mínimo, y la biomasa restante (incluyendo la lignina y la celulosa) que queda después de la hidrólisis ácida de la hemicelulosa se puede quemar para producir energía para todas las etapas del proceso, así como energía adicional para otros fines. Es necesario minimizar la producción de inhibidores, tales como el furfural, ya que pequeñas concentraciones de algunos inhibidores pueden

afectar negativamente a la tasa de crecimiento de los microorganismos de fermentación, o destruirlos.

5 Normalmente la hidrólisis ácida se practica preferentemente con una concentración de ácido de aproximadamente 2 a 70 % en volumen (preferentemente ácido sulfúrico), y la temperatura de la hidrólisis es aproximadamente igual o inferior a 120 °C. El tiempo de residencia en el tratamiento de hidrólisis ácida es aproximadamente de 1 a 3 horas, y la suspensión de biomasa tratada tiene una proporción aproximada entre sólidos y líquido de biomasa de 20/100 a 40/100 en volumen. El tamaño de las partículas de la biomasa es aproximadamente de 1-4 mm.

10 Un procedimiento alternativo para tratar una biomasa que tenga material fermentable comprende las siguientes etapas: la biomasa en suspensión es bombeada a un recipiente vertical de hidrólisis ácida, teniendo preferentemente la biomasa un tamaño medio de partículas de 1-4 mm. La hidrólisis ácida de la biomasa se lleva a cabo continuamente en el recipiente a una temperatura aproximadamente igual o inferior a 120 °C para proporcionar un hidrolizado. Una primera parte del hidrolizado pasa a un destino final para la fermentación del mismo, y una segunda parte del hidrolizado pasa al conducto de suspensión para efectuar la suspensión de la biomasa. La biomasa es lavada en el recipiente después de la hidrólisis ácida de la misma mediante la introducción de una corriente de agua caliente de lavado en una parte superior del recipiente. La biomasa hidrolizada y lavada se retira de la parte superior del recipiente y se deshidrata. El agua de la deshidratación de la biomasa pasa a la corriente de agua de lavado introducida en el recipiente.

15 Preferentemente se actúa sobre el hidrolizado neutralizándolo con cal, clarificándolo y pasándolo luego a un recipiente de fermentación convencional. Después de la fermentación, la "cerveza" pasa a una etapa de separación de levadura y luego en última instancia a unas torres de destilación convencionales en las que se produce etanol, butanol, 2,3-butanodiol y/u otros alcoholes. Después de la deshidratación la biomasa, junto con los productos de la separación de la levadura, pasan a un horno para producir vapor. El volumen de vapor producido es suficiente para suministrar el vapor necesario para las torres de destilación, para cocer la biomasa en el depósito de compensación, para calentar el agua de lavado y para el funcionamiento de todas las bombas, mezcladores y similares necesarios. Además, debería haber suficiente energía sobrante para que toda la instalación fuera un productor neto de energía, produciendo vapor o electricidad además del alcohol, sin la introducción de energía procedente de una fuente externa (aparte de la biomasa en sí).

20 La biomasa puede ser convertida en alcohol utilizando energía ultrasónica. La solicitud de patente estadounidense N° 2008/044891 (FC STONE CARBON LLC) titulada "Conversión de biomasa en alcohol utilizando energía ultrasónica" describe un procedimiento que comprende la aplicación de energía ultrasónica a un proceso de producción de alcohol a partir de biomasa, tal como un proceso de producción de etanol. El proceso emplea energía ultrasónica como único medio de pretratamiento, o emplea adicionalmente un pretratamiento de hidrólisis con ácido concentrado, o un pretratamiento hidrotérmico o químico, seguido de una etapa de hidrólisis enzimática o una etapa simultánea de hidrólisis enzimática y sacarificación.

#### Biomasa catalítica por microondas

35 La publicación de patente china CN 100999676 (Anhui University of Tech) describe un proceso de craqueo catalítico de biomasa por microondas, para la preparación de aceite biológico rico en acetona alcohol, utilizando carbonato sódico como catalizador, carburo de silicio como medio absorbente de microondas, una fuente de microondas como fuente de calor para el craqueo de la biomasa, y una mezcla de agua con hielo para enfriar los componentes volátiles para obtener aceite biológico rico en acetona alcohol. Por medio del exclusivo efecto de temperatura de las microondas en las partículas de la biomasa y el exclusivo efecto catalizador del carbonato sódico en el craqueo de la biomasa, el proceso realiza la creación de acetona alcohol con alta selectividad.

#### Producción de butanol

45 La producción fermentativa de butanol también es bien conocida. La publicación de patente internacional WO 2008/025522 (Bayer Technology Services GmbH) se refiere a un procedimiento de producción de bioalcohol, en particular etanol o butanol, a partir de biomasa, en el que se tritura la biomasa, se lleva la biomasa restante a fermentación y se obtiene el alcohol a partir del producto de la fermentación, separando de la biomasa los componentes insolubles y/o los azúcares no fermentables antes de la fermentación y/o separando la levadura y las bacterias después de la fermentación.

#### El uso de biomasa en pilas de combustible

50 La industria de la energía eléctrica generalmente ha estado buscando el uso de pilas de combustible en aplicaciones relativamente grandes de generación de energía eléctrica. La generación de energía por pila de combustible ofrece las ventajas de alta eficiencia y bajas emisiones al medio ambiente. Así pues, las pilas de combustible pueden ofrecer un medio más económico de producción de energía que otras tecnologías de producción de energía existentes.

55 Las pilas de combustible de carbonato fundido y las pilas de combustible de óxido sólido son muy adecuadas para usar corrientes de gas caliente y, por lo tanto, tienen gran potencial en aplicaciones industriales de generación de energía. Los gasificadores de biomasa pueden ser utilizados como fuente de alimentación adecuada para estas pilas

de combustible. Como se describió anteriormente, los gases necesarios para la alimentación de pilas de combustible son fácilmente obtenibles a partir de la gasificación de biomasa de la presente invención.

5 Se puede obtener una mayor eficiencia de las pilas de combustible convencionales mediante su integración con gasificadores de biomasa, por ejemplo un sistema combinado de gasificador y pila de combustible en el que la corriente de gas se desplaza desde el gasificador a través de un separador externo de dióxido de carbono. La solicitud de patente de estadounidense N° 2002/194782 (Paisley) describe un sistema integrado de gasificación de biomasa y pila de combustible en el que la reacción electroquímica en la pila de combustible se efectúa proporcionando gases reactivos desde un gasificador. El gas de combustible del gasificador se dirige al ánodo de la pila de combustible y al menos una parte del gas que escapa del ánodo se dirige a una cámara de combustión. La parte del gas que escapa desde el ánodo se quema entonces para recuperar energía residual para aumentar la eficiencia global del sistema integrado de gasificación de biomasa y pila de combustible. Además, el gas oxidante procedente de la cámara de combustión puede ser dirigido hacia el cátodo de la pila de combustible.

15 El documento US 5736026 (Energy Res Corp) titulado "Aparato y procedimiento de cogeneración de biomasa – pila de combustible" describe la fabricación integrada de etanol por fermentación de biomasa, con un generador eléctrico de pila de combustible de energía eléctrica y calorífica, incluyendo la cogeneración el uso por la pila de combustible del alcohol y del dióxido de carbono de la fermentación, lo que aumenta la generación de energía, y el uso por la fabricación de alcohol del calor y la energía eléctrica procedentes de la pila de combustible, lo que aumenta la fabricación de combustible.

20 Se muestra, por la descripción anterior, que la biomasa producida por la presente invención se puede utilizar en una amplia variedad de formas. Normalmente, una planta en particular se concentrará particularmente en uno de estos procesos secundarios, por ejemplo, la generación de electricidad a partir de una pila de combustible o la producción de biocombustibles y bioalcoholes. Un experto en la técnica puede ponerlos en práctica usando una de las técnicas descritas o referidas, u otras técnicas conocidas o que puedan desarrollarse.

#### Sumario

25 En este documento, el término presión ambiente se utiliza para definir la presión en el recipiente 30 cuando el recipiente no está sellado al flujo de gas. Por ello, la presión en el recipiente será normalmente la presión atmosférica o cualquier presión que prevalezca alrededor de la planta. La presión dentro del recipiente puede ser ligeramente mayor que la presión alrededor de la planta debido a la inyección de vapor, incluso sin que el recipiente esté sellado. El término temperatura ambiente se utiliza en este documento para hacer referencia a la temperatura que rodea la planta, que variará según el lugar, la estación y las condiciones generales del tiempo atmosférico. El material de celulosa se refiere en general a celulosa y hemicelulosa, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

35 En general, esta invención se refiere a un procedimiento y un aparato para reciclar residuos domésticos urbanos que comprende someter los residuos a vapor a 150 °C - 200 °C. Después del tratamiento por vapor, el material resultante es separado en partes constituyentes y la biomasa y/o los plásticos son sometidos a un tratamiento adicional. El tratamiento por vapor desinfecta ventajosamente el material tratado y reduce significativamente el volumen del mismo. Es importante destacar que el tratamiento por vapor rompe la celulosa y otros materiales orgánicos, por lo que las fibras se abren permitiendo que la biomasa tratada por vapor se convierta más fácilmente en biocombustible, bioalcoholes, etc. El tratamiento adicional produce preferentemente bioetanol a partir de la biomasa y diesel a partir de los plásticos. Como alternativa, parte o toda la biomasa puede ser gasificada para producir hidrógeno que, a su vez, puede ser enviado a una pila de combustible para producir electricidad.

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato para tratar continuamente material de residuo sólido, que comprende;  
 un recipiente (30) no presurizado con una entrada (32) para introducir material de residuo a una velocidad  
 predeterminada de modo que, durante el funcionamiento, el material de residuo solo llene el recipiente no  
 presurizado (30) hasta un nivel conocido,  
 una salida (33) para el material de residuo tratado,  
 y una pluralidad de entradas (38) de vapor fijadas al recipiente (30) no presurizado para inyectar selectivamente  
 vapor en el interior de dicho recipiente (30) no presurizado,  
 comprendiendo el interior del recipiente (30) no presurizado una primera zona y una segunda zona en las que,  
 durante su uso, la primera zona está principalmente llena de material de residuo y la segunda zona está  
 esencialmente vacía de material de residuo,  
 en el que un accionamiento está dispuesto para girar el recipiente (30) no presurizado y por lo tanto, durante el  
 funcionamiento, mover las entradas (38) de vapor entre la primera zona y la segunda zona, de tal manera que  
 solamente algunas de las entradas (38) de vapor se encuentren en dicha primera zona en cualquier momento,  
 y el aparato comprende además un medio (36) de control de vapor que comprende una válvula de distribución para  
 dirigir vapor desde un generador de vapor hasta una entrada de vapor, comprendiendo dicha válvula de distribución  
 un cuerpo de válvula que tiene una abertura de entrada (52) fluidamente conectable al generador de vapor y una  
 pluralidad de aberturas de salida (54) fluidamente conectables a la entrada de vapor, en el que la válvula de  
 distribución está dispuesta de manera que en cualquier momento al menos una de las aberturas de salida (54) esté  
 fluidamente desconectada de la abertura de entrada (52) y en el que, durante su uso, el vapor solo se suministre a  
 las entradas de vapor (38) en la primera zona,  
**caracterizado porque** el aparato incluye adicionalmente medios de calentamiento para calentar y/o mantener la  
 temperatura del interior del recipiente (30) no presurizado a una temperatura de 150 °C a 200 °C, consistiendo los  
 medios de calentamiento en medios para calentar aire y medios para insuflar dicho aire caliente en el recipiente (30)  
 no presurizado.
2. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la salida (33) está  
 conectada a una cámara de clasificación en la que el material de residuo tratado se separa en plásticos, metales  
 ferrosos, metales no ferrosos y biomasa de material de celulosa.
3. Un procedimiento para tratar continuamente material de residuo que comprende las etapas de:
- introducir el material de residuo en partículas en el recipiente (30) no presurizado del aparato de cualquiera de  
 las reivindicaciones anteriores,
  - calentar a través de los medios de calentamiento y mantener el interior del recipiente no presurizado a una  
 temperatura de entre 150 °C y 200 °C, y
  - tratar el material de residuo en partículas con vapor de agua a una temperatura de 150 °C a 200 °C, en el que  
 el vapor solo se inyecta en el material de residuo en partículas.
4. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que el material de residuo se introduce por la entrada (32) del  
 recipiente (30) no presurizado y el material de residuo tratado se extrae por la salida (33) del recipiente (30) no  
 presurizado.
5. El procedimiento según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en el que el material de residuo tratado  
 comprende una biomasa de celulosa, plásticos, metales ferrosos y metales no ferrosos.

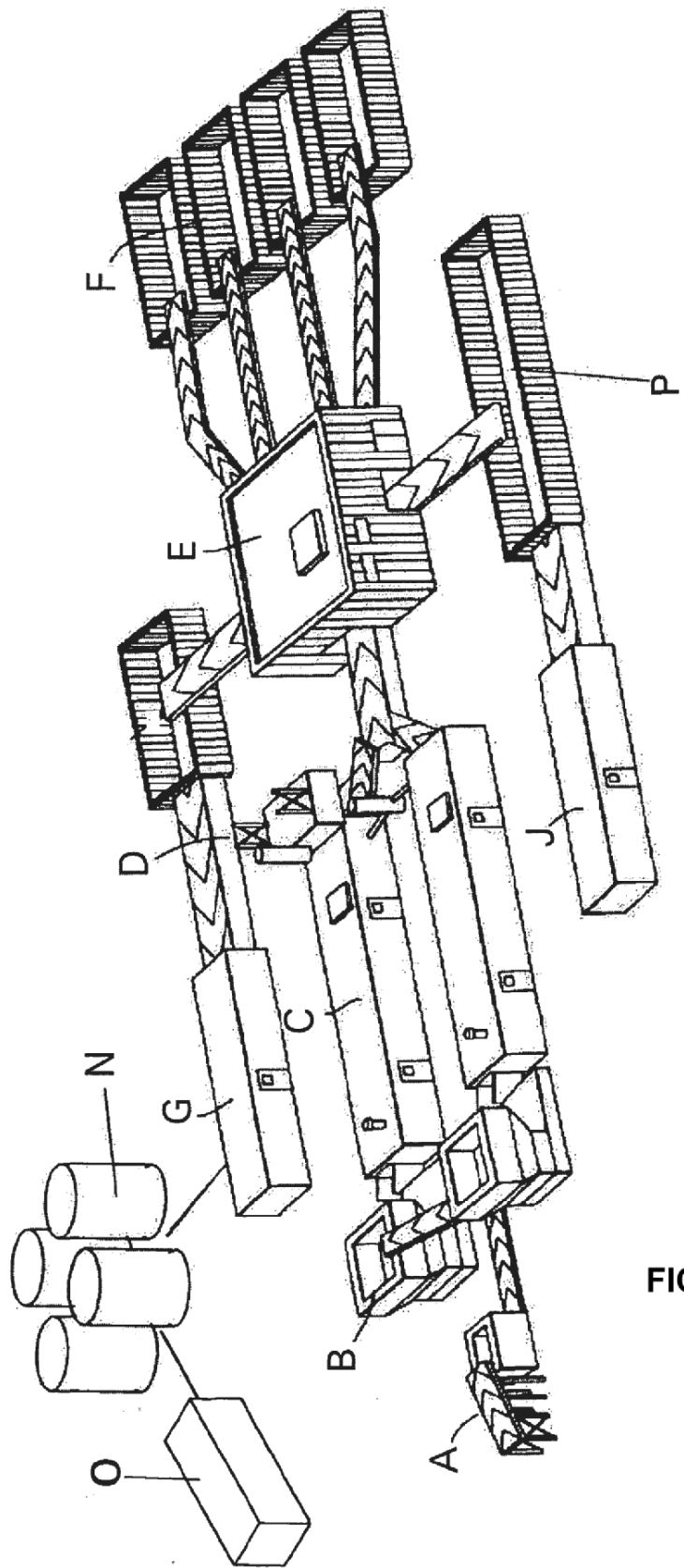


FIGURA 1

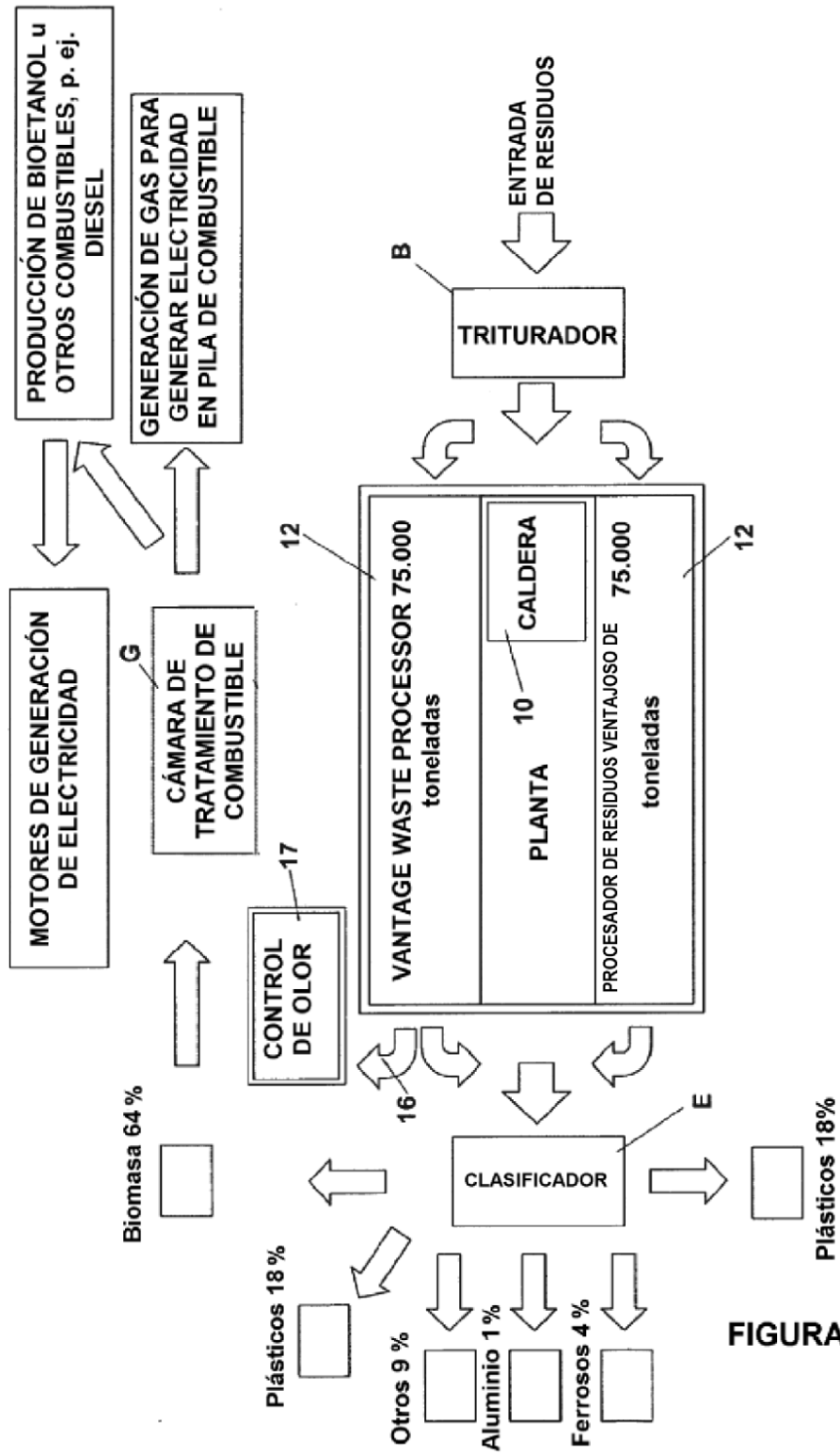
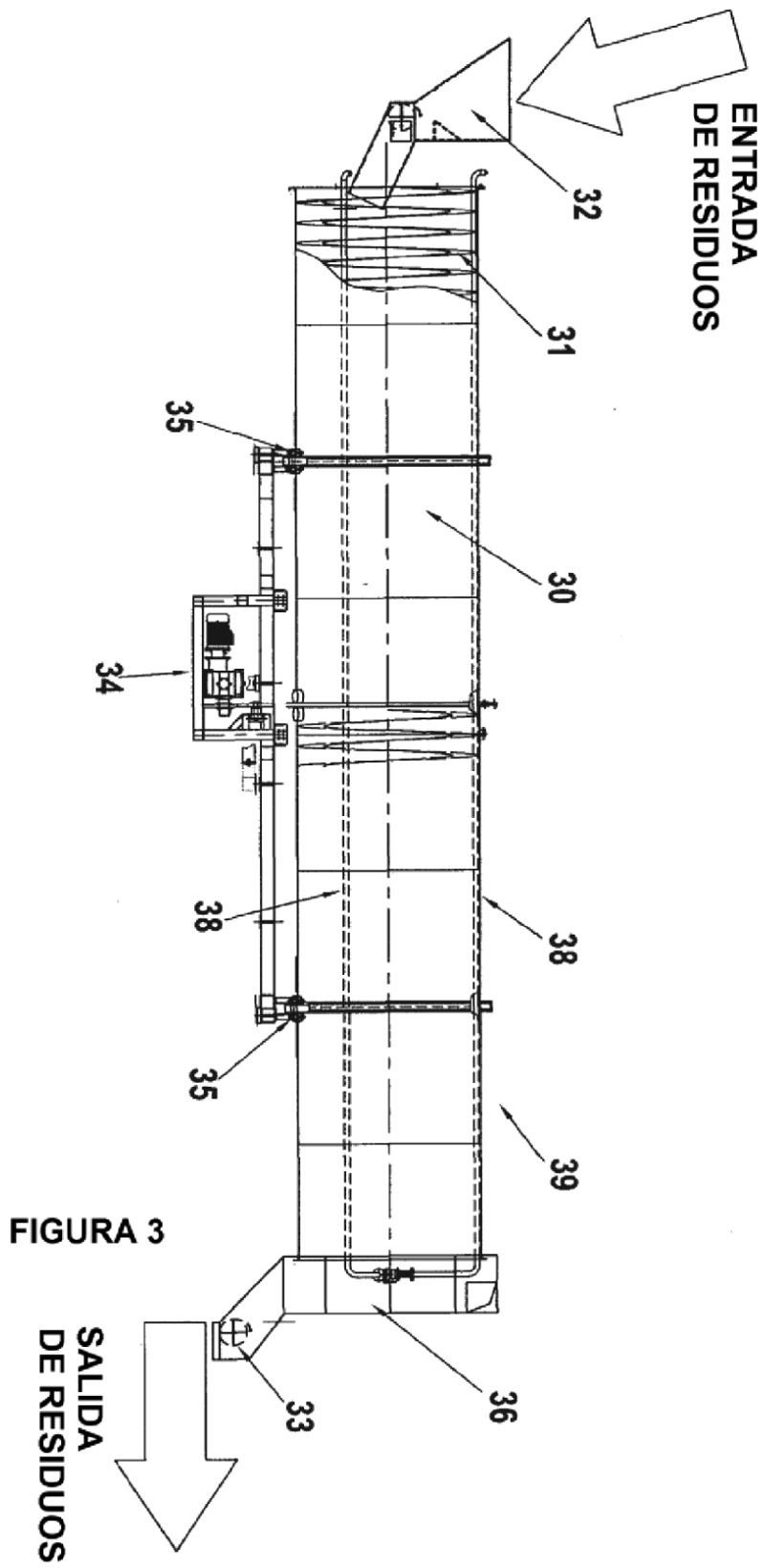
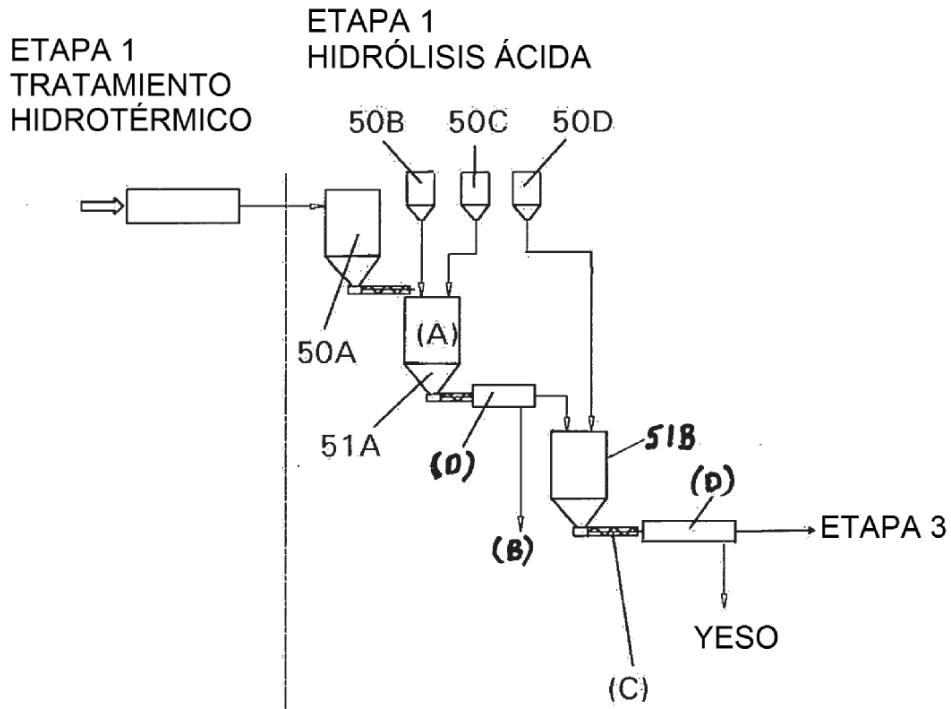


FIGURA 2

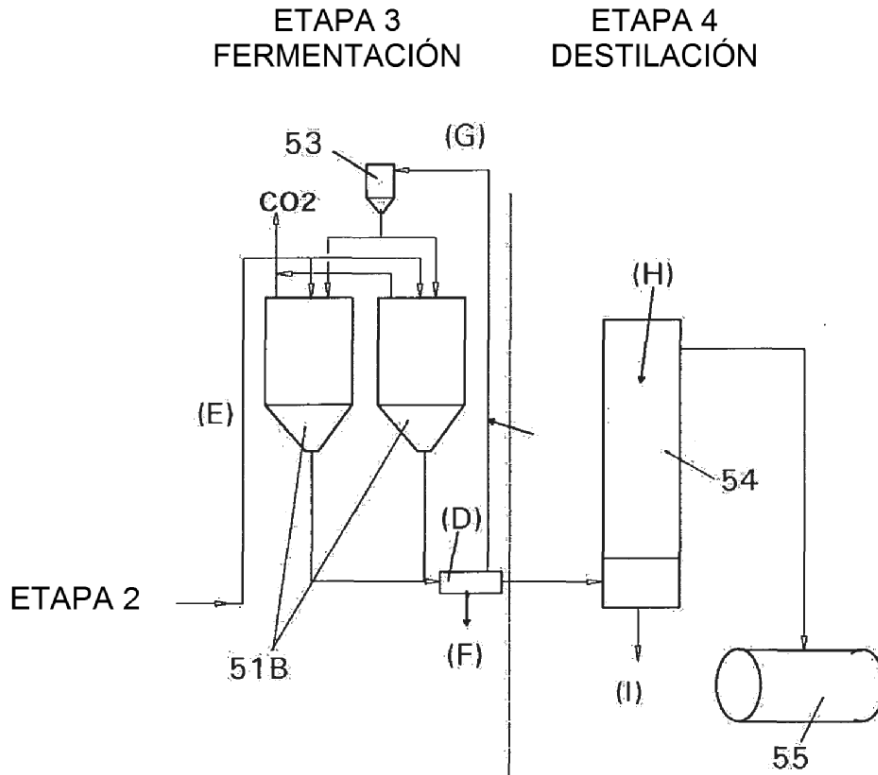




- (A) RECIPIENTE DE TRATAMIENTO ÁCIDO  
SE REQUIEREN 8 HORAS
- (B) SÓLIDOS ELIMINADOS (LIGNINA)  
PUEDEN USARSE COMO COMBUSTIBLE PARA LA CALDERA
- (C) PRENSA DE TORNILLO PARA ELIMINAR EL ÁCIDO
- (D) FILTRO

**FIGURA 4A**





- (D) FILTRO
- (E) SOLUCIÓN DE AZÚCAR DE RECIPIENTES DE FERMENTACIÓN
- (F) EXCESO DE LEVADURA A PELLETIZAR PARA COMBUSTIBLE/FERTILIZANTE
- (G) LEVADURA RECICLADA
- (H) COLUMNA DE DESTILACIÓN
- (I) LA VINAZA PUEDE USARSE COMO FERTILIZANTE

**FIGURA 4B**

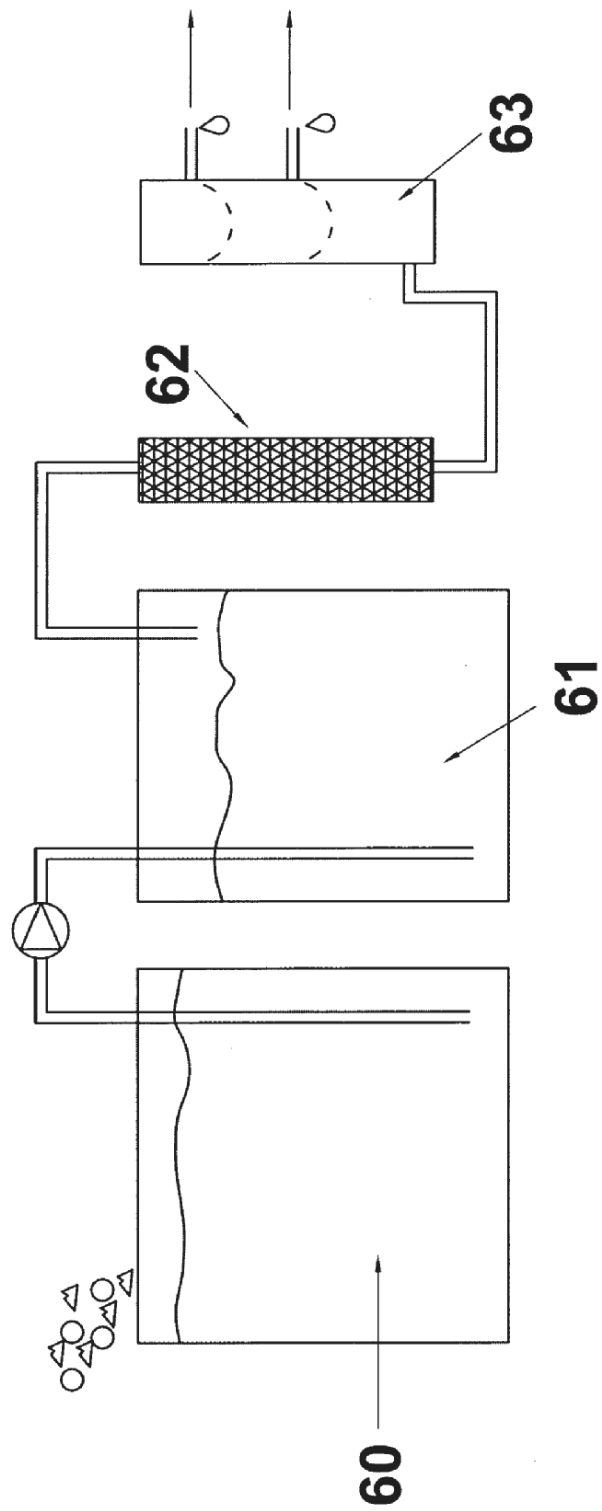


FIGURA 5

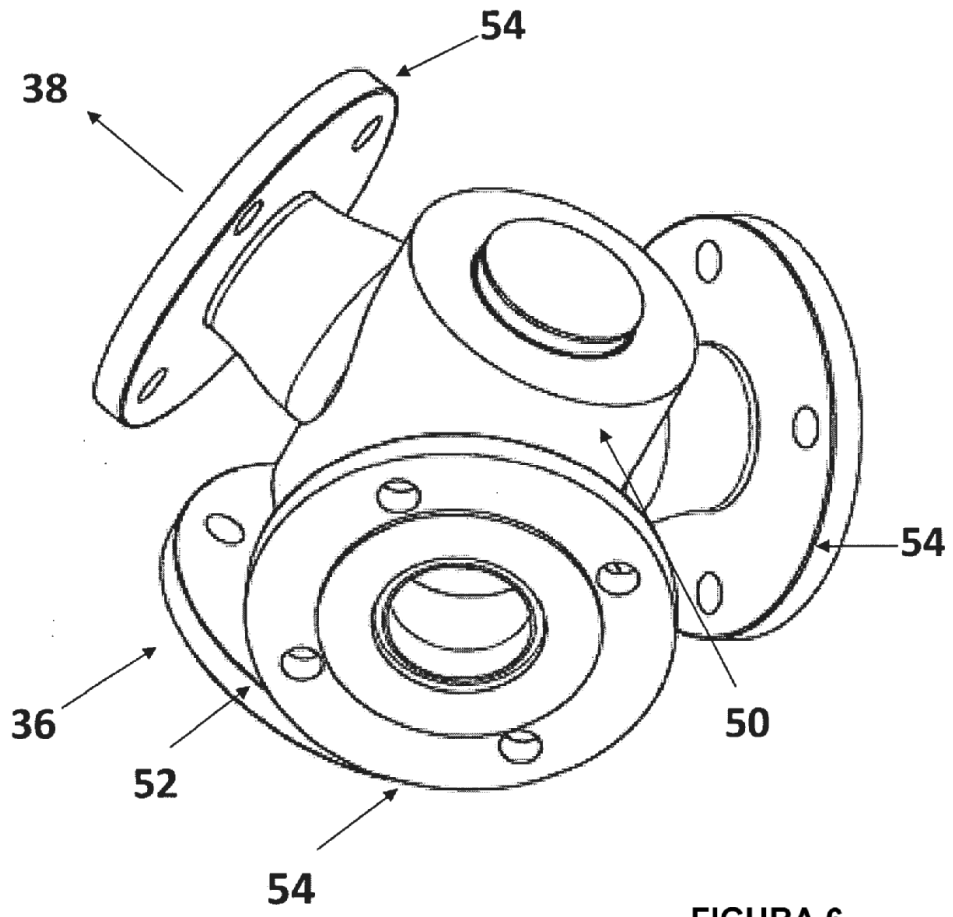


FIGURA 6

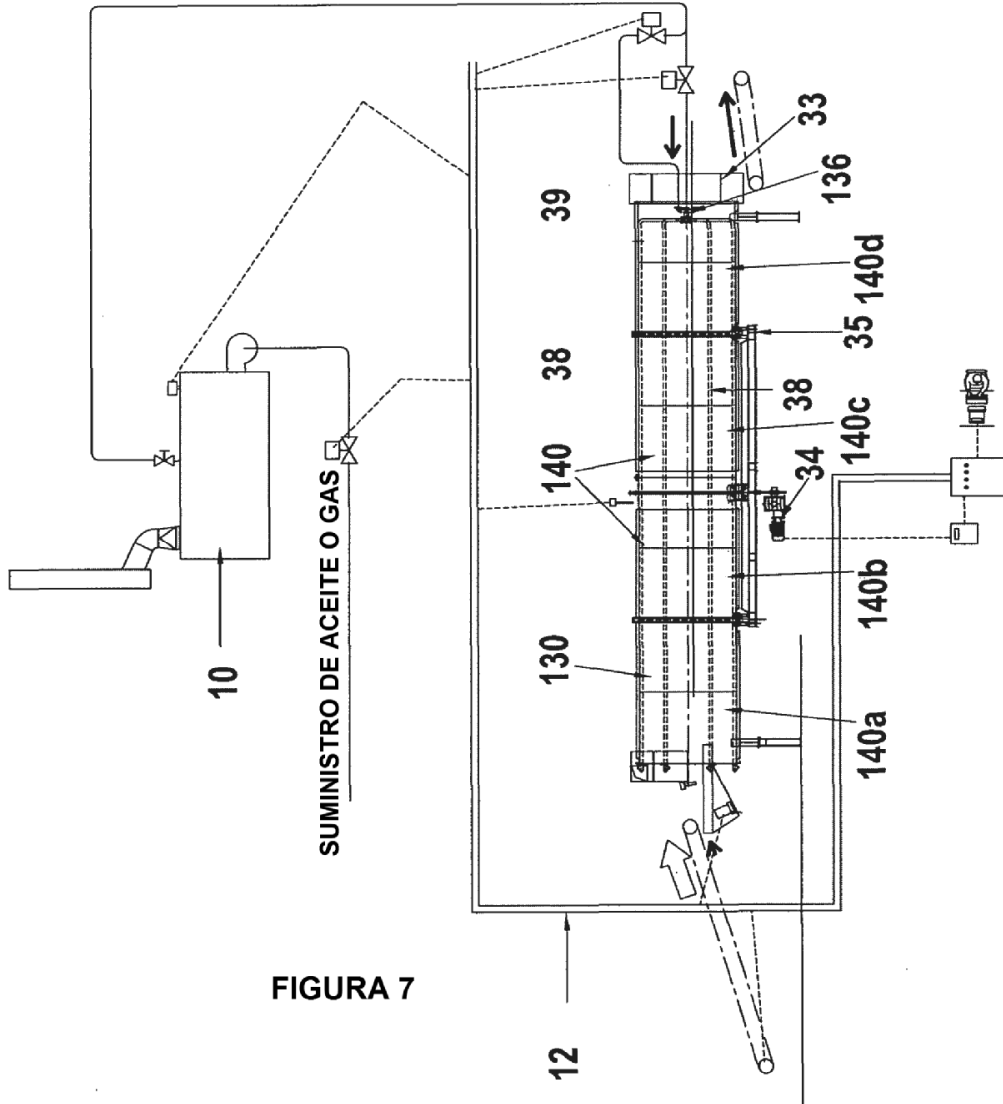


FIGURA 7

